

Jürgen Zulley

Schlafen und Wachen

Ein Grundrhythmus des Lebens

Das Verhalten des Menschen wird von einer inneren „biologischen Uhr“ zeitlich strukturiert. Eingebettet in dieses Zeitraster ist ebenfalls der Ruhe-Aktivitäts-Wechsel. Wenn dieses System, wie alle biologischen Funktionen, auch bis zu einem gewissen Grade an äußere Gegebenheiten anpassungsfähig ist, so werden doch seine Grenzen erkennbar. Bei einer Überschreitung der Vorgaben ist mit krisenhaften Zuständen zu rechnen, welche sich nicht nur in Pathologien des Schlafzustandes äußern, sondern auch ihren Niederschlag in vielfältigen Dysfunktionen des Wachzustandes finden. Die Zeitrhythmen sind uns als biologisches Erbe vorgegeben und nur bis zu gewissen Grenzen überformbar. Durch zunehmende künstliche Umwelteinflüsse besteht die Gefahr, dieses Erbe zu „vergessen“. Als Folge können vielfältige Störungen auftreten. Um dies zu vermeiden, ist eine stärkere Beachtung der Eigenrhythmik erforderlich.

Schlafen und Wachen – diese wohl auffälligste zeitliche Strukturierung unseres Alltags prägt unser Leben. Diese Abfolge findet im Einklang mit dem 24stündigen Wechsel von Tag und Nacht statt. Hierdurch wirkt die Dimension „Zeit“ nachhaltig in unserem Tagesablauf, indem sie ein Raster vorgibt, das auf die

Gestaltung unseres Lebens in ökologischer Hinsicht Einfluß nimmt. Von grundlegender Bedeutung ist in unserer zunehmend technisierten Umwelt die Frage, inwieweit wir an diesen Zeitrhythmus gebunden sind und ob eine Nichtbeachtung eventuell zu Konsequenzen führt, deren Relevanz einer systematischen Aufarbeitung bedarf. Die Kernfrage hierzu lautet: Ist dieser Rhythmus Ausdruck eines endogenen

Priv.-Doz. Dr. Dr.
Jürgen Zulley,

geb. 1945. Studium der Elektrotechnik in Aachen und Psychologie in München. 1975 bis 1980 als wiss. Mitarbeiter bei Isolationsstudien am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Andechs. 1980 bis 1993 Schlafforschung und klinische Psychologie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie, München, und Leiter der Arbeitsgruppe „Chronobiologie“. Danach Fortführung dieser Arbeiten in Regensburg. Vorsitzender des Wissenschaftsrats der European Sleep Research Society. Erhielt 1986 den „W. R.-Hess-Prize in Sleep Research“. Zahlreiche Publikationen auf dem Gebiet der Schlafforschung und Chronobiologie.



*PD Dr. Jürgen Zulley, Bezirkskrankenhaus,
Universitätsstraße 84, 8400 Regensburg*

Zeitrasters oder wird diese Periodizität lediglich von außen vorgegeben? Im ersten Fall gilt es, den biologischen Grenzen Beachtung zu schenken und die Anpassungsfähigkeit des Organismus an sich ändernde Lebensbedingungen festzustellen. Im zweiten Fall wäre dieser Aspekt von untergeordneter Bedeutung. Beide Möglichkeiten erfordern aber die Analyse des Wirkmechanismus der externen Einflußfaktoren. Dieser Punkt ist vor allem im Hinblick auf mögliche Störungen relevant. Hiermit sind nicht nur die Schlafstörungen gemeint, sondern auch die Leistungsfähigkeit und die Befindlichkeit am Tage können betroffen sein.

Der Schlaf-Wach-Rhythmus

Der Frage, inwieweit die mit dem 24-Stunden-Tag variierenden Umweltfaktoren Schlafen und Wachen steuern, ist durch Experimente nachgegangen worden, die diese Einflußgrößen ausschlossen.¹ Versuchspersonen lebten für etwa vier Wochen alleine in einem von der Umwelt völlig isolierten Versuchsraum. Während dieser Zeit hatten die Versuchspersonen keine Möglichkeit, die Uhrzeit zu erfahren und keine Gelegenheit zu sozialen Kontakten.

Der somit völlig selbstgewählte Schlaf-Wach-Wechsel verlief in diesen Experimenten weiterhin sehr regelmäßig. Diese sogenannten „freilaufenden“ (ohne externe Beeinflussung) bzw. „autonomen circadianen Rhythmen“ zeigten in der überwiegenden Mehrzahl eine mittlere Periodik, die länger als 24 Stunden war (im Mittel 25,0 Stunden).

Da eine 25-Stunden-Periodik in der natürlichen Umwelt nicht vorkommt, wird angenommen, daß ein endogenes Steuerungssystem (vergleichbar einer „inneren Uhr“) die Abfolge von Schlafen und Wachen reguliert.¹ Diese Steuerung

bedingt auch, daß auf eine besonders lange Wachdauer nicht etwa eine lange Schlafdauer, sondern ein sehr kurzer Schlaf erfolgt. Die Dauer der Ruhezeit korrigiert mithin Abweichungen der Dauer der Wachzeit, die stärker der Verhaltenskontrolle der Versuchsperson unterliegt.

Der Schlaf-Wach-Wechsel ist jedoch nicht die einzige Funktion, die einer solchen Steuerung unterliegt. Nahezu sämtliche Funktionen des Menschen sind derartigen circadianen Schwankungen ausgesetzt. Damit kann von einer periodischen Änderung der Funktionslage des Gesamtorganismus gesprochen werden. Aus den Untersuchungen konnte gefolgert werden, daß z. B. die Schlafdauer, bestimmte Teile der Schlafstruktur, der circadiane Verlauf der Körpertemperatur sowie die Cortisol-Ausschüttung an den gleichen endogenen Steuerungsmechanismus gebunden sind.² Dies bedeutet, daß im Verlauf des Tages charakteristische Veränderungen der verschiedenen Körperfunktionen stattfinden. Als Beispiel ist in Abbildung 1 der Verlauf vier verschiedener Variablen über den Tag hinweg aufgetragen. Deutlich zu erkennen sind die Zeitpunkte der jeweiligen Maximal- und Minimalwerte. Der Schlaf-Wach-Wechsel des Menschen nimmt innerhalb der verschiedenen Funktionen hierbei jedoch eine Sonderrolle ein, da er, im Gegensatz zu den anderen, der willkürlichen Entscheidung des einzelnen unterliegt. Hierin besteht seine Bedeutung für die Verursachung bzw. Behebung von Störungen.

Während in den meisten Fällen die Schlaf-Wach-Periodik mit den anderen Funktionen unter den obengenannten „Freilaufbedingungen“ synchron verläuft, kann es zu Abweichungen kommen, die als „Störungen“ interpretiert werden. In etwa 30 Prozent der Experi-

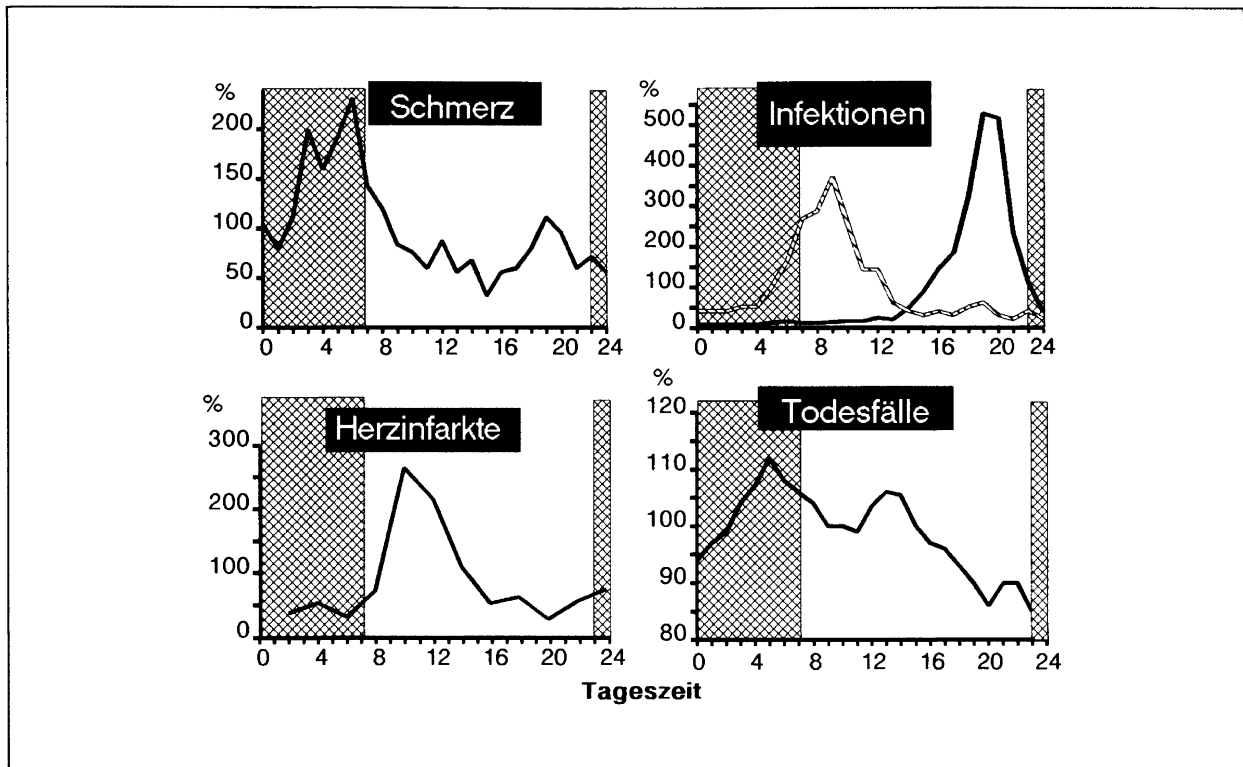


Abb. 1: Mittlerer Verlauf verschiedener Funktionen des Menschen über 24 h. Die Meßwerte sind als Prozent des Tagesmittelwertes (= 100%) dargestellt. Oben links: Häufigkeit des Auftretens kariös bedingter Zahnschmerzen; oben rechts: Häufigkeit des Einsetzens von Fieber bei bakteriellen (gestrichelte Linie) und bei viralen (durchgezogene Linie) Infektionen; unten links: Häufigkeit des Auftretens von Myokardinfarkten; unten rechts: Häufigkeit des Auftretens von Todesfällen. Der schraffierte Bereich kennzeichnet die Nacht. (Quelle: nach 18).

mente zeigt sich „spontane interne Desynchronisation“ zwischen dem Schlaf-Wach-Verhalten und den physiologischen Rhythmen. Der periodische Verlauf der Körpertemperatur bleibt in diesem Fall nahezu unverändert, während die Schlafphasen zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb des circadianen Rhythmus auftreten können. Dieser Zustand tritt vermehrt bei Versuchspersonen mit erhöhter neurotischer Labilität, aber auch bei älteren Versuchspersonen auf.¹ Weiterhin verschlechterten sich die Stimmung und die Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen, die in diesem Falle zur „falschen“ Zeit wach sind bzw. schlafen.³ Dies unterstützt die Annahme, daß es sich hierbei um eine „Störung“ des circadianen Systems handelt. Zugleich verweist es auf die Bedeutung eines koordinierten Ablaufs der verschiedenen Funktionen.

Die Zeitgeber

Die Isolationsstudien zeigten auch, daß die durch innere Uhren erzeugte Rhythmik mit entsprechend periodisch auftretenden Außenreizen (Zeitgeber) auf bestimmte Periodenwerte synchronisiert werden konnten. Als künstliche Zeitgeber wurden ein vorgegebener Hell-Dunkel-Wechsel, regelmäßige Gongsignale oder Temperaturveränderungen eingesetzt. Neben der Frage, welche Reize überhaupt auf die Schlaf-Wach-Periodik wirken, konnten damit zugleich die Grenzen der Synchronisierbarkeit (Mitnahmebereich) der Variablen festgestellt werden. Auf diese Weise wurde die unterschiedliche Stärke der verschiedenen Zeitgeber untersucht.¹

Beim Menschen erwies sich ein reiner Hell-Dunkel-Wechsel mit normaler Raumbeleuchtung (etwa 400 Lux) als

schwacher Zeitgeber. Erst wenn zusätzliche Informationen (regelmäßige Gongsignale am Tage) gegeben wurden, konnten die physiologischen Variablen auf Werte zwischen 23 und 27 Stunden synchronisiert werden. Weit größer wird der Mitnahmebereich, wenn die Beleuchtungsstärke annähernd die Intensität von hellem *Tageslicht* (stärker als 2000 Lux) aufweist.⁴ Daraus folgt: Tageslicht ist als starker Zeitgeber anzusehen.

Wird die Schlaf-Wach-Periodik mittels Zeitgeber außerhalb des Mitnahmebereiches der Körpertemperatur gebracht, verlaufen die beiden Variablen mit unterschiedlichen Perioden weiter. Dieser Zustand wird „erzwungene interne Desynchronisation“ genannt. Er entspricht in seinem Ablauf der spontanen Desynchronisation jedoch mit dem Unterschied, daß der Schlaf-Wach-Wechsel durch externe Zeitgeber gesteuert wird. Hierbei ist mit einer deutlichen Verschlechterung der Befindlichkeit und Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen zu rechnen.

Unter natürlichen Lebensbedingungen stammen die Zeitgeber aus der Umwelt (z. B. die mit dem Tag-Nacht-Wechsel verbundenen Licht- und Temperaturveränderungen) und synchronisieren die circadianen Rhythmen auf 24 Stunden. Beim Menschen scheint zusätzlich die „soziale Relevanz“ solcher Zeitgeberreize von Bedeutung zu sein, um eine synchronisierende Wirkung zu erzielen. Dies bedeutet, daß die jeweils subjektive Einschätzung eines Reizes diesem erst seine strukturierende Wirkung verleiht. Verringert sich die Bedeutung eines Reizes, wie offenbar im Alter, wo es zu einer Reduzierung der sozialen Kontakte kommt, so ist mit einer Störung des circadianen Systems zu rechnen.

Der Schlaf

Unter normalen Lebensbedingungen stimmt die Zeit erhöhter Schlafbereitschaft mit der Nachtzeit und somit auch mit dem circadianen Minimum der Körpertemperatur überein. Bei den Isolationsexperimenten wird wie auch im normalen Alltag (bis auf wenige Ausnahmen) immer beim Temperaturminimum geschlafen. Hieraus kann gefolgert werden, daß die Steuerung der Schlafbereitschaft keinen separaten periodischen Regulationsmechanismus besitzt, sondern fest mit der circadianen Temperaturperiodik gekoppelt ist. Der Zeitpunkt des Temperaturminimums entspricht somit auch dem endogenen vorgegebenen Abschnitt für Schlaf im circadianen Zyklus. Abweichungen der tatsächlichen Schlafzeiten von dieser Schlafphase sind möglich, werden aber innerhalb der Rhythmik korrigiert. Der Einschlafzeitpunkt, der verstärkt einer Verhaltenskontrolle unterliegt, läßt mehrere bevorzugte Phasen im Zyklus erkennen: etwa 1 Stunde, sowie 6,5 Stunden vor dem Temperaturminimum. Im Gegensatz hierzu zeigt das Ende des Schlafes keinen zweiten bevorzugten Zeitpunkt; es befindet sich immer 5 bis 7 Stunden nach dem Temperaturminimum.⁵ Dementsprechend unterschiedlich ist die Schlafdauer. Der Schlaf ist lang, wenn der Schlaf weit vor dem Temperaturminimum beginnt; er wird kürzer, je später (näher vor dem Temperaturminimum) der Schlafbeginn liegt. Am kürzesten ist der Schlaf, wenn er beim oder kurz nach dem Temperaturminimum anfängt. Verhaltensbedingte bzw. willkürliche Festlegungen von Einschlafzeiten werden somit durch das zugrundeliegende biologische Steuerungssystem korrigiert.

Ultradiane Periodik

Der charakteristische Verlauf der verschiedenen Funktionen mit jeweils einem Maximalwert und einem Minimalwert am Tage ist nicht die einzige periodische Veränderung. Zusätzlich sind auch schnellere Schwankungen zu erkennen. Als Beispiel sei hier die Kreislaufstabilität genannt. Diese kann durch die Zeitdauer, die der Kreislauf braucht, um auf eine rasche Lageveränderung zu reagieren, gemessen werden. Labil ist der Kreislauf, wenn er relativ lange benötigt, um die durch eine Lageveränderung der Versuchsperson aus der horizontalen in die vertikale Position veränderten Werte wieder auf das Ausgangsniveau zu bringen. Die Untersuchungen der Kreislaufstabilität ergaben zwei Maxima innerhalb eines 24-Stunden-Tages. Neben einem deutlich ausgeprägten Maximalwert gegen 3 Uhr morgens zeigte sich auch ein Maximum gegen Mittag.⁶ Dies bedeutet, daß der Mensch nicht nur nachts, sondern auch mittags mit einem instabileren Kreislauf lebt, während er zu den übrigen Zeiten stabilere Werte aufweist. Über den Tag hinweg ist somit nicht ein einheitlicher Verlauf mit einem Maximal- und einem Minimalwert (circadiane Periodik), sondern es sind mehrere Schwankungen (ultradiane Periodik) zu erkennen. Eine ganz andere Funktion, wie die relative Häufigkeit einschlafbedingter Verkehrsunfälle, verläuft ähnlich.⁷ Hier steigt nicht nur nachts die Anzahl der Unfälle an, auch am Tage gibt es ein mehrfaches Auf und Ab in den Unfallzahlen.

Zeigen sich diese Schwankungen auch in dem Wechsel von Schlafen und Wachen? Dies würde bedeuten, daß der Schlaf nicht nur an die Nachtzeit gebunden ist, sondern die zugrundeliegende Regulation auch auf *Tagschlafphasen* eingestellt ist. In Untersuchungen, die

das Auftreten von Schlaf während des Tages ermöglichten, fand sich neben der Hauptschlafphase während der Nachtzeit auch ein zweiter bevorzugter Zeitpunkt für Schlaf. Der Tagschlaf trat mithin nicht beliebig, sondern zu einer ganz bestimmten Zeit auf.⁸

Das Auftreten einer zweiten Schlafphase während des Tages entspricht im Alltag dem *Mittagsschlaf*. Dessen Auftreten scheint davon abzuhängen, ob die Umweltbedingungen eine solche Ruhephase zulassen. Kinder und ältere Menschen halten in der Mehrzahl einen kurzen Tagschlaf.^{9, 10} Ebenso gehört ein Mittagsschlaf in der nicht-industrialisierten Umwelt zum Alltag.¹¹

Die Befunde weisen darauf hin, daß die zweite bevorzugte Schlafphase eine biologische Grundlage hat. Dies bedeutet nicht, daß der Mensch hier schlafen muß, denn je nach Motivation und Umgebungsbedingungen kann dieser Zeitpunkt auch ohne Schlaf übergangen werden. Offenbar ist die „mittägliche“ Schlafphase weniger stark ausgeprägt als die nächtliche Phase. Gleichzeitig entspricht sie jedoch dem Zustand des Organismus in der zweiten Nachthälfte, da viele psychologische und physiologische Variablen zu diesem Zeitpunkt auch ohne Schlaf einen vergleichbaren Verlauf wie in der Nacht zeigen. Eine Verringerung der Leistungsfähigkeit, größere Fehlerrate, verstärkte Müdigkeit sowie eine Absenkung der Körpertemperatur, unabhängig von einer Mahlzeiteinnahme weisen darauf hin, daß der Organismus einen ähnlichen Umstellungsprozeß wie in der zweiten Nachthälfte erfährt. Dies spricht für eine Ruhephase zu diesen Zeitpunkten. Der Gesamtorganismus ist demnach von seiner Kapazität her grundsätzlich nicht auf eine lange Aktivitätsdauer und eine einzige Ruhephase innerhalb eines circadianen Zyklus ein-

gestellt, sondern zeigt in der Aktivitätsphase zumindest noch einen Wechsel in die Ruhephase.¹² Dieser Zeitpunkt, der beim Erwachsenen normalerweise problemlos ohne Schlaf überwunden werden kann, wird dort relevant, wo ein größeres Schlafbedürfnis vorhanden ist, wie dies etwa bei Schichtarbeit, Zeitzonenflogen und Belastungsbedingungen der Fall ist.

In weiteren Experimenten¹³ mit Tag-schlaf ließ sich ein noch häufigeres, regelmäßiges Auftreten des Schlafes mit bevorzugten Schlafzeitpunkten im 4-Stunden-Abstand um 10.00, 14.00 und 18.00 Uhr erkennen. Vermehrter Schlaf findet sich unter normalen Bedingungen bei Kleinkindern.⁹ Hier wurde auf das Vorhandensein einer 4-Stunden-Periodik hingewiesen, die der circadianen Schwankung überlagert ist und im Laufe der Entwicklung immer mehr in den

Hintergrund tritt. Aber auch bei pathologischen Zuständen im hohen Alter¹⁰ wurde von einer 4-Stunden-Schlaf-Wach-Periodik berichtet. Diskutiert wird, ob diese ultradiane Periodik die Grundlage für die circadiane Periodik ist. Abbildung 2 stellt die Veränderung des Schlaf-Wach-Musters bei Veränderung der Schlafbereitschaft über einen Zeitraum von 32 Stunden (Nacht-Tag-Nacht) dar. Zu erkennen ist, wie sich aus einem monophasischen Muster (unten) bei Anstieg der Schlafbereitschaft über ein biphasisches Muster (Bildmitte), ein polyphasisches Muster (oben) entwickelt.

Das Zwei-Prozeß-Modell der Schlaf-Wach-Regulation

Als Modell für das postulierte endogene Steuerungssystem wurde das Bild „inne-

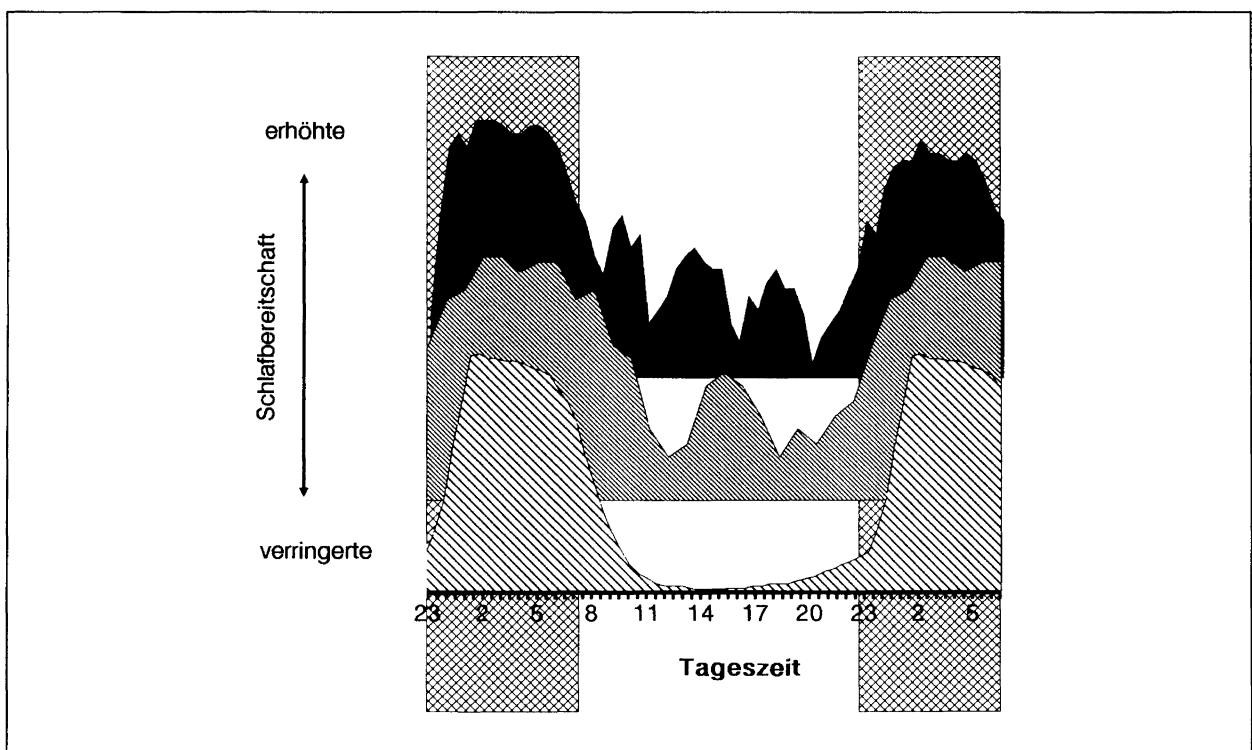


Abb. 2: Zusammenfassung der Ergebnisse zur Veränderung der Schlafbereitschaft. Dargestellt ist die mittlere stündliche Menge an Schlaf unter verschiedenen Versuchsbedingungen. Unten: monophasisches Muster mit jeweils einer Schlafepi-sode in der Nachtzeit. Mitte: biphasisches Muster mit vermehrtem Schlaf um die Mittagszeit. Oben: polyphasisches Muster mit drei zusätzlichen Tagschlafphasen im Abstand von jeweils 4 h. Der schraffierte Bereich kennzeichnet die Nacht. (Quelle: nach 13).

rer Uhren“ angenommen. Dieses System steuert den zeitlichen Ablauf der verschiedenen Variablen und koordiniert sie im Hinblick auf eine optimale Funktionalität.

In letzter Zeit wird vor allem das »Zwei-Prozeß-Modell“ von Borbély¹⁴ diskutiert. Dabei handelt es sich um ein Ein-Uhren-Modell, das neben einem circadianen Faktor (Faktor C) auch den Einfluß eines homöostatischen Faktors (S) im Sinne einer Schlafsubstanz annimmt. Der Faktor C der Schlafbereitschaft verläuft invers zum Verlauf der circadianen Körperkerntemperatur und hat somit sein Maximum beim Minimum der Körpertemperatur. Für die Steuerung des Schlafbedarfs wird ein zusätzlicher homöostatischer Prozeß angenommen, der im Sinne eines Erneuerungsprozesses aktiv ist. Nach dieser Annahme baut sich im Wachzustand eine Schlafsubstanz auf, die im Schlaf wieder abgebaut wird. Der circadiane Prozeß der Schlafbereitschaft gibt Schlafphasen vor (Faktor C), in denen der Schlafbedarf (Faktor S) abgebaut wird. Abweichungen der tatsächlichen Schlafzeit von dem zugrundeliegenden Prozeß setzen keine Änderung dieses Prozesses voraus, sondern sind verhaltensbedingt „oberflächlich“ möglich.

Der Faktor C gibt nicht nur den Verlauf der Schlafbereitschaft wieder, sondern spiegelt auch den Verlauf sämtlicher anderer circadianer Funktionen.

Störungen der zeitlichen Ordnung

Störungen der zeitlichen Ordnung treten auf, wenn der Schlaf zur normalen Zeit nicht möglich ist und somit der Schlaf-Wach-Rhythmus nicht im Einklang mit der vorgegebenen Periodik verläuft. Diese Veränderung kann mit oder ohne externe Beeinflussung stattfinden. In

der diagnostischen Klassifikation von *Schlafstörungen* durch die Association of Sleep Disorder Clinics (ASDC) werden diese Zustände als „Störungen der Schlaf-Wach-Regulation“ beschrieben und in die Unterkategorien „vorübergehend“ und „überdauernd“ unterteilt.¹⁵ Da die extern verursachten Schlafstörungen (vorübergehend) auch als Modell für die übrigen Schlafstörungen (überdauernd) gelten können, werden sie ausführlicher beschrieben.

Zu den von außen ausgelösten Phasenverschiebungen gehören insbesondere Veränderungen der normalen Schlafgewohnheiten durch Schichtarbeit (vor allem Nachtarbeit) und bei Zeitzonentraveln (Jet-lag-Syndrom). In beiden Fällen kommt es zu Schlafstörungen, die kurz- oder längerfristig auftreten können. Diese Schlafstörungen werden im übrigen nicht nur durch störende Umwelteinflüsse (Licht, Lärm usw.) hervorgerufen, sondern vor allem durch den Versuch, zu einer Zeit zu schlafen, die nicht mit der passenden Phase der circadianen Schrittmacher übereinstimmt.¹⁶

Bei der *Nachtarbeit* ist der Arbeitende gezwungen, am Tag zu schlafen, obwohl sämtliche Umweltreize dieser Tageseinteilung widersprechen. Die circadianen Schrittmacher erhalten in diesem Falle die normalen Zeitgeberinformationen (Licht und soziale Reize) weiter, so daß sie trotz eines veränderten Schlaf-Wach-Verhaltens ihre Phasenlage wie beim Nachtschlaf beibehalten. Häufig erfolgt selbst bei längerer Nachtschicht keine vollständige Anpassung der Körperfunktionen an den umgestellten Schlaf-Wach-Rhythmus, da der wichtigste Zeitgeber (die sozialen Kontakte) unverändert bleibt. Während sich die Störeinflüsse durch die Umwelt auf den Schlaf verringern lassen, so ist der circadiane Faktor kaum zu beeinflussen. Durch be-

stimmte Schichtpläne, die Rücksicht auf die circadiane Regulation nehmen (z. B. indem Schichtwechsel immer auf eine spätere Schicht vollzogen werden, um so der Tendenz nach Verlängerung der circadianen Periodik zu entsprechen) ist eine bessere Anpassung möglich. Diese drückt sich z. B. im psychologischen Bereich in einer besseren Leistungsfähigkeit und im physiologischen Bereich in einer weniger abgeflachten Temperaturamplitude aus. Mit zunehmendem Alter erfolgt eine schlechtere Anpassung an bestimmte Schichtsysteme. Persönlichkeitsunterschiede beeinflussen ebenfalls die Anpassungsfähigkeit im Sinne einer leichteren Anpassung bei Abend- als bei Morgentypen.¹⁷

Im Gegensatz zur andauernden Diskrepanz zwischen dem Schlaf-Wach-Verhalten und den Zeitgebersignalen bei der Schichtarbeit erfolgt nach *Zeitzone*flügen eine vorübergehende Störung des circadianen Systems. Durch das Überfliegen von Zeitzonen wird ein einmaliger Phasensprung der Außenreize gegenüber der circadianen Periodik hervorgerufen. Da diese circadiane Periodik nur verzögert dem Phasensprung der äußeren Zeitgeber folgt, kommt es zu einer Phasenverschiebung zwischen der Tageszeit und dem internen Rhythmus der Körperfunktionen. Dieser Zustand ist jedoch vorübergehender Natur, da durch die konstant wirkenden einheitlichen Außenreize, im Gegensatz zur Schichtarbeit, eine Anpassung des Organismus (wenn auch verzögert) an die neue Phasenlage erfolgen kann. Die Zeitspanne, die benötigt wird, bis sich die circadianen Rhythmen auf die neue Ortszeit eingestellt haben (Resynchronisationszeit), hängt von der Anzahl der übersprungenen Zeitzonen ab. Sie dauert für alle Körperfunktionen maximal eine Woche. Neben sozialen Kontakten

hat auch helles Licht (über 2000 Lux) beim Menschen Einfluß auf die circadianen Rhythmen. Unter einer Beleuchtung mit hellem Licht konnte eine schnellere Resynchronisationszeit erzielt werden.⁴

Wenn auch ohne äußere Beeinflussung eine Unfähigkeit vorliegt, Schlafen und Wachen mit dem Tag-Nacht-Wechsel in Übereinstimmung zu bringen, wird von einer „überdauernden Störung der Schlaf-Wach-Regulation“ (ASDC) gesprochen. Die Zeitgeberwirkung äußerer Reize scheint in diesen Fällen zu schwach zu sein, um die inneren circadianen Rhythmen mit der Umweltperiodik in Gleichklang zu bringen oder eine normale Phasenlage einzuhalten. Entsprechend der Lage der Schlafzeit wird unterschieden zwischen zu spätem Einschlafen, zu frühem Einschlafen, unregelmäßigem Schlaf-Wach-Muster und von 24 Stunden abweichendem Schlaf-Wach-Muster.¹⁸ Die Therapie dieser Schlafstörungen erfolgt in vergleichbarer Weise wie bei dem Jet-lag und zielt darauf ab, Schlafen und Wachen wieder in Einklang mit den inneren Rhythmen und äußeren Zeitgebern zu bringen.¹⁹

Als eine mögliche weitere Störung der zeitlichen Ordnung wird das Krankheitsbild der *Depression* gesehen. Dies ist durch zyklisch verlaufende Besonderheiten gekennzeichnet. Hierzu zählen die Tagesschwankungen der Stimmung, das phasenhafte Auftreten der Erkrankung mit jahreszeitlichen Häufungen und charakteristische Schlafveränderungen. Aus diesem Grunde wurden bei der Erforschung dieses Krankheitsbildes chronobiologische Gesichtspunkte herangezogen. Als Hypothesen wurden aufgestellt: Desynchronisation verschiedener Rhythmen, Phasenvorverlagerung einiger circadianer Prozesse gegenüber dem 24-Stunden-Tag, oder eine Amplitudenverringerung der circadianen Va-

riablen. Die bisherigen Untersuchungen konnten noch keinen eindeutigen Beleg für eine Störung des Zeitrhythmus bei der Depression erbringen. Zur Zeit wird diskutiert, ob der depressive Krankheitsprozeß durch periodische Prozesse lediglich mitbeeinflusst wird.²⁰

Resümee

Der Mensch besitzt ein angeborenes zeitliches Steuerungssystem, welches einen Grundrhythmus für sein Leben vorgibt. Diese Zeitordnung sorgt für einen optimal abgestimmten Ablauf der verschiedenen Körperfunktionen. Äußere Faktoren können diesen Ablauf verändern, aber auch der Mensch selber kann in dieses System eingreifen. Dies ermöglicht ihm, sich den verschiedensten Lebensbedingungen anzupassen und hierdurch auch individuelle, gesellschaftliche und wirtschaftliche Vorteile zu erlangen. Diese Loslösung von der inneren Uhr bringt aber die Gefahr der Überschreitung biologischer Grenzen und somit gesundheitliche Risiken mit sich. Es scheint erforderlich, das Vorhandensein der inneren Regulationsmechanismen deutlich zu machen, um ein bewußtes Abstimmen der Anforderungen mit den biologischen Grenzen zu ermöglichen.

¹ Wever, R.: The Circadian System of Man. Berlin/Heidelberg/New York 1979. – ² Moore-Ede, M. C./Sulzman, F. M./Fuller, C. A.: The Clocks that time us. Cambridge 1982. – ³ Aschoff, J.: On self-assessed mood and efficiency during long-term isolation. In: H. M. Emrich/M. Wiegand (Hg.): Integrative Biological Psychiatry. Berlin 1992. – ⁴ Wever, R.: Light effects on human circadian rhythms: a review of recent Andechs experiments. J. of Biol. Rhythms 4, 161 (1989). – ⁵ Zulley, J./Wever, R./Aschoff, J.: The dependence of onset and duration of sleep on the circadian rhythm of rectal temperature. Pflügers Arch. 391, 314 (1981). – ⁶ Aschoff,

J.: Tagesperiodik der orthostatischen Kreislaufreaktion. Pflügers Archiv 306, 146 (1969). – ⁷ Lavie, P./Wollman, M./Pollack, I.: Frequency of sleep related traffic accidents and hour of day. Sleep Res. 15, 275 (1986). – ⁸ Campbell, S./Zulley, J.: Ultradian components of human sleep/wake patterns during disenitainment. In: H. Schulz/P. Lavie (Hg.): Ultradian Rhythms in Physiology and Behavior. Berlin 1985. S. 234. – ⁹ Meier-Knoll, A.: Interaction of endogenous rhythms during postnatal development. Int. J. Chronobiology 6, 179 (1979). – ¹⁰ Spiegel, R./Stäbelin, H. B./Seiler, W. O./Allen, S. R.: Seventy-two hour polygraphic recordings in dementia: Circadian aspects of sleep and behavior. In: W. P. Koella/E. Rüther/H. Schulz (Hg.): Sleep '84. Stuttgart 1985. S. 439. – ¹¹ Soldatos, C. R./Medianos, M. G./Vlachonikolis, I. G.: (1983) Early afternoon napping: A fading Greek habit. In: W. P. Koella (Hg.): Sleep 1982. Basel 1983. S. 202ff. – ¹² Hess, W. R.: (1949) Das Zwischenhirn: Syndrome, Lokalisationen, Funktionen. Basel 1949. – ¹³ Zulley, J./Campbell, S./Wittchen, H. U.: Die 4-Stunden-Komponente in der Schlaf-Wach-Regulation. In: K. Kreuzberg/P. Preu (Hg.): Forschung unter Schwerelosigkeit. Bonn 1988. S. 271. – ¹⁴ Borbely, A. A.: A two process model of sleep regulation. Hum. Neurobiol. 1, 195 (1982). – ¹⁵ Association of Sleep Disorders Centers: Diagnostic classification of sleep and arousal disorders. Sleep 2, 1 (1979). – ¹⁶ Aschoff, J.: Biologische Rhythmen. In: E. Pöppel/M. Bullinger (Hg.): Medizinische Psychologie. Weinheim 1990. S. 56. – ¹⁷ Knauth, P./Rutenfranz, J.: Schichtarbeit und Nacharbeit. Passau 1987. S. 5. – ¹⁸ Schulz, H./Pollmächer, T./Zulley, J.: Schlaf und Traum. In: K. Hierholzer/R. F. Schmidt (Hg.): Pathophysiologie des Menschen. Weinheim 1991. – ¹⁹ Guilleminaut, C.: Sleeping and waking disorders: Indications and techniques. Reading 1982. – ²⁰ Köhler, W. K./Pflug, B.: Chronobiologie und Depression. Münch. Med. Wschr. 133, 65 (1991).

Weiterführende Literatur:

Borbely, A. A.: Das Geheimnis des Schlafs. Stuttgart 1984. – Dinges, D. F./Broughton, R. J.: Sleep and Alertness. New York 1989. – Zimmer, D. E.: Schlafen und träumen. Frankfurt 1986. – Koella, W. P.: Die Physiologie des Schlafes. Stuttgart 1988. – Folkard, S./Monk, T. H.: Hours of work – Temporal factors in work scheduling. New York 1985. – Meier-Ewert, K./Schulz, H.: Schlaf und Schlafstörungen. Berlin 1990. – Pflug, B./Lemmer, B.: Chronobiologie und Chronopharmakologie. Stuttgart/New York 1989.